

Beitrag der Tiefbohrtechnik zur Internationalen Lithosphärenforschung (Kurzfassung)

Marx, Claus

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 1988 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.55-59



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

11.6.1988 in Clausthal-Zellerfeld

Beitrag der Tiefbohrtechnik zur Internationalen Lithosphärenforschung (Kurzfassung)

Von **Claus Marx**

Zusammenfassung

Das geologische Weltbild hat in den letzten 20 Jahren eine revolutionäre Veränderung erfahren. Die Tiefbohrtechnik hat dazu einen wesentlichen Beitrag geleistet und wertvolles Probenmaterial sowohl der ozeanischen als auch der kontinentalen Kruste aus Tiefen bis zu 12 km zutage gebracht.

Im Rahmen dieses Beitrags sollen die Ergebnisse der Lithosphärenforschung und die herausragenden bohrtechnischen Entwicklungen aufgezeigt werden.

1 Das Modell der Plattentektonik und seine Auswirkungen auf das neue geologische Weltbild

Die Ergebnisse der internationalen Lithosphärenforschung der letzten 20 Jahre haben das Bild über die Entstehung von Kontinenten und Ozeanen völlig verändert. Die Bohrtechnik hat dabei erhebliche Beiträge geleistet.

Nach den Vorstellungen der Globaltektonik besteht die Lithosphäre aus einer Anzahl separater, gegeneinander grenzender Platten. Die Ränder dieser Platten sind durch intensive Bewegungen gekennzeichnet; an ihnen konzentrieren sich Erdbeben und Vulkanismus.

An den mittelozeanischen Rücken den sogenannten „Rifts“ wird ständig neue ozeanische Kruste gebildet, indem basaltische Schmelze aus dem Bereich des oberen Erdmantels aufsteigt und sich senkrecht zu diesen unterirdischen Gebirgszügen von über 70.000 km Länge nach beiden Seiten, mit einer Bewegungsgeschwindigkeit von 1–10 cm/Jahr, bewegt (Sea floor spreading). Bei der Abkühlung scheiden sich kleine Magnetitkristalle (Fe_3O_4) aus und werden in Richtung des Erdfeldes magnetisiert. Dadurch läßt sich nachweisen, daß in Abständen von einigen 10.000 bis 100.000 Jahren eine Inversion des Magnetfeldes stattgefunden hat, und sich entsprechend in der ozeanischen Kruste Streifen unterschiedlicher magnetischer Ausrichtung abzeichnen, die jüngsten Streifen verständlicherweise riftnah. Mit dem Abstand zum mittelatlantischen Rücken nimmt das Alter der streifenartigen Leistenschollen entsprechend zu. Allein während der letzten 4 Mill. Jahre können 22 solche Inversionen im atlantischen Bereich festgestellt werden.

An der anderen Grenze einer Platte wird die sich ausbreitende Lithosphäre verschluckt, indem die im Gegensatz zur kontinentalen Kruste schwerere ozeanische Kru-

ste schräg unter die Kontinentalränder abtaucht (Subduktion). Die Subduktionszonen lassen sich an solchen Stellen lokalisieren, wo sich Tiefseegräben erstrecken. Das Abtauchen ist mit hoher Seismizität verbunden und kann bis in Tiefen von über 700 km nachgewiesen werden. In der Tiefe wird das abgetauchte Krustenmaterial wiederum vom Mantelmaterial aufgeschmolzen, so daß ein großer Kreislauf entsteht und das aufgeschmolzene Material wie in einer großen Rotationsbewegung wieder in den Bereich der mittelozeanischen Rücken geführt wird, um dort erneut aufzusteigen. Die treibende Kraft wird in einer thermischen Konvektion gesehen, die Bewegung daher auch als „Konvektionswalze“ bezeichnet.

Diese knappe Skizzierung der modernen Plattentektonik hat bedeutende Konsequenzen für das geologische Weltbild:

- Transportvorgänge mit Lagerstättenbildung, Vulkanismus, Erdbeben und Blattverschiebungen.
- Das Alter der Kruste. Während sich die ozeanische Kruste durch Bildung und Subduktion ständig erneuert und in der Nähe der Subduktion ein Alter von max. 200 Mill. Jahren aufweist, hat man an Krustenmaterial der Kontinente ein Alter von fast 4 Mrd. Jahren ermitteln können.
- Mit der Subduktion werden auch Sedimente und gewaltige Wassermengen verschluckt und bewirken durch die fluiden Phasen u.a. den andesitischen Vulkanismus mit hoher Explosivität und Bildung reicher Lagerstätten.
- In Riftzonen gelangen zusätzlich große Wassermengen über Risse und Klüfte in tiefere Abschnitte der jungen ozeanischen Kruste und steigen gesättigt mit vielen Mineralen wieder auf, so daß es auf dem Meeresboden durch Ausfällung zu erheblichen Mineralkonzentrationen und Lagerstättenbildungen kommt (Manganknollen, Sulfiderze und Erzschlämme). An den mittelozeanischen Rücken sind Felder mit tausenden von Austrittsöffnungen, den sogen. „Vents“ bekannt, aus denen mineralreiche Wässer mit Temperaturen bis 350°C austreten und dabei bis zu 25% Mineralbestandteile gelöst enthalten.

Berechnungen haben ergeben, daß mengenmäßig das Wasser aller Ozeane durch die angesprochenen Transportvorgänge an den Plattenrändern innerhalb von 8 Mill. Jahren einmal durch die ozeanische Kruste zirkuliert. Die Meerwasserchemie ist demnach weniger durch Zuflüsse von den Kontinenten bestimmt, als vielmehr durch Austauschvorgänge mit der ozeanischen Kruste.

2 Der Beitrag der Bohrtechnik zur Internationalen Lithosphärenforschung

Die Lithosphärenforschung hat zum Ziel, mit Hilfe der Bohrtechnik die Erdkruste bis in möglichst große Tiefen zu erkunden, um Aufbau, Alter, Bildung und Veränderung dieser oberen Erdschichten besser zu verstehen. Die Lithosphärenforschung, unter Nutzung der Methoden der Tiefbohrtechnik, gliedert sich in Projekte zur Erforschung der ozeanischen Kruste und in Projekte zur Erforschung der kontinentalen Kruste.

Ozeanische Tiefbohrungen

Drei größere Forschungsprojekte stehen im Zusammenhang mit der Erforschung der ozeanischen Kruste:

1. Das Mohole-Projekt der USA (1960–1965)

Das Projekt wurde nach der Phase II aus Kostengründen zugunsten der amerikanischen Mondprojekte aufgegeben. Ziel war es, die gesamte Kruste bis in den Mantelbereich der Erde mit einer Bohrung zu durchdringen. Der Übergang von der Kruste zum Mantel wird in der Geophysik als Mohorovičić-Diskontinuität bezeichnet, daher auch die Projektbezeichnung „Mohole“.

In der Nähe von Hawaii sollte diese Bohrung bei ca. 6.000 m Wassertiefe bis zu einer Endteufe von etwa 11–12 km geführt werden. Folgende bohrtechnische Entwicklungen verbinden sich mit diesem Projekt:

- Entwicklung einer Bohrturbine mit hohlem Rotorschacht, so daß die Bohrkerne mit dem Innenrohr ohne Ausbau des Gestänges zutage gebracht werden können,
- Entwicklung und Erprobung von Diamantbohrkronen, die durch das Gestänge ausgewechselt werden können und dadurch ebenfalls einen „Roundtrip“ sparen,
- Entwicklung von Systemen zur elektrischen Bohrlochvermessung bis 15 km Länge.

2. Das Deep-Sea-Drilling Projekt (DSDP) der USA (1968–1983)

Ziel dieses Projektes war die Erforschung der Prozesse bei der Entstehung der Ozeane. Das Projekt wurde von den USA gestartet und ab 1974 für internationale Beteiligung geöffnet. Neben Kanada, Großbritannien, Frankreich und Japan haben sich die Bundesrepublik Deutschland und zeitweilig auch die UdSSR an dem Projekt beteiligt. Insgesamt wurden 1.092 Bohrungen durch die Sedimentdecke aller Weltmeere bis in die ozeanische Kruste gebohrt. Ein weiteres Ziel des Projektes war die Überprüfung neuer Hypothesen der Geophysik durch Messung und Beobachtung auf dem Gebiet der Seismologie, Krustenforschung und Paläomagnetik. Die zuvor knapp dargestellte globale Plattentektonik ist im wesentlichen durch das DSDP-Projekt entwickelt oder bestätigt worden.

Zu den bedeutendsten bohrtechnischen Entwicklungen dieses Projektes zählen:

- Einsatz eines Bohrschiffes mit dynamischer Positionierung (also ohne mechanische Ankerung) und hoher Betriebsbereitschaft auch bei starkem Seegang,
- Entwicklung spezieller Kernbohrverfahren, um ungestörte Bodenproben sowohl in weichsten Sedimenten als auch harten kristallinen Gesteinen und stark gestörten Formationen erfolgreich bohren zu können,
- Entwicklung einer „Re-Entry-Technik“, die es erlaubt, das Bohrgestänge zum Meißelwechsel zu ziehen und selbst bei Wassertiefen bis 6.000 m sicher wieder in den Bohrlochmund auf dem Meeresboden einzuführen,
- Entwicklung eines Bohrstranges hoher Festigkeit, der die kombinierte Beanspruchung durch Schiffsbewegung, hohe Axiallasten und Rotation sicher erträgt.

3. Das Ocean Drilling Program (ODP) ab 1985

Als Fortführung des Deep-Sea-Drilling-Projektes wurde das ODP-Projekt mit

einem neuen, größeren und vor allem leistungsfähigeren Bohrschiff „Sedco/BP 471“ mit einer Teufenkapazität für Bohrungen bis 10.000 m konzipiert.

Das neue Bohrschiff ist mit einem 7-stöckigen Labortrakt ausgerüstet, so daß alle wesentlichen Untersuchungen an den gezogenen Kernen sofort erfolgen können.

Das ODP-Programm ist ein internationales Gemeinschaftsprogramm und hat folgende wissenschaftliche Zielsetzungen:

- Weitere Erforschung der Entstehung und Entwicklung der ozeanischen Erdkruste
- Geologischer Aufbau an Kontinentalrändern
- Entstehung und Entwicklung mariner Sedimentabfolgen
- Ursachen der Langzeitveränderung von Atmosphäre, Hydrosphäre, Eiskappen, Erdmagnetfeldern.

Kontinentale Tiefbohrungen

Neben den genannten Großprojekten der ozeanischen Lithosphärenforschung sind in den letzten Jahren Bohrungen zur Erforschung der kontinentalen Kruste hinzugekommen und zusätzlich wurde eine Vielzahl neuer Bohrprojekte konzipiert. Hier muß auf die Pionierleistung der UdSSR hingewiesen werden, die insgesamt 11 Projekte zur wissenschaftlichen Erforschung der kontinentalen Kruste mit geplanten Bohrteufen von 12–15 km begonnen hat. Die Bohrung Kola SG 3 hält mit 12.066 m den derzeitigen Tiefenrekord und hat neue Erkenntnisse über den Aufbau der kontinentalen Kruste erbracht.

In der Bundesrepublik Deutschland wurde im September 1987 mit einer Vorbohrung auf der Lokation Windischeschenbach das Kontinentale Tiefbohrprogramm (KTB) der Bundesrepublik Deutschland gestartet. Die Vorbohrung soll bis in 3–5 km Teufe kontinuierlich gekernt werden. Anfang September 1988 hat die Bohrteufe 3.000 m überschritten. Die erreichten Bohrleistungen mit einer erweiterten Kernbohrtechnik haben die Erwartungen hinsichtlich Kernaussbringung und Bohrgeschwindigkeit nennenswert übertroffen.

Die Hauptbohrung hat eine geplante Endteufe von 12–14 km; sie soll auf demselben Bohrplatz Ende 1989 beginnen.

Die bisherigen bohrtechnischen Entwicklungen im Zusammenhang mit dem KTB-Projekt betreffen u.a.:

- Konzept einer neuartigen Bohranlage für die Hauptbohrung mit automatischer Gesteinshandhabung für 40 m lange Züge,
- Entwicklung neuartiger Bohr- und Kernbohrverfahren, wie hydraulischer Bohrerhammer, Seitenkernbohrgerät, Richtbohrtechnik in Kernstrecken,
- Entwicklung einer neuartigen anorganischen Bohrspülung und Maßnahmen der verbesserten Feststoffkontrolle.

Durch die Beteiligung an der Internationalen Lithosphärenforschung hat die Bundesrepublik Deutschland wieder eine führende Position sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der Bohrtechnik eingenommen. Nach Meinung bekannter Wis-

senschaftler deutet alles darauf hin, daß die Erforschung der kontinentalen Kruste eine zweite Revolution in den Geowissenschaften bewirken wird.

Literatur

1. Rischmüller, H.: Das KTB, eine Herausforderung für die moderne Bohr- und Meßtechnik; Die Geowissenschaften, **6.** Jg. (1988) 8–15.
2. Marx, C.; Rischmüller, H.: Drilling and Coring Techniques for Hard Rock, Erdöl Erdgas Kohle, **102.** Jg. (1986) 333–337.
3. Rischmüller, H.; Chur, C.: Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland, Technische Konzeption und Stand der Planung; Erdöl Erdgas Kohle, **103.** Jg. (1987), 11–16.
4. Emmermann, R.: Das neue Weltbild unserer alten Erde, Pharmazeutische Zeitung, **133.** Jg. (1988) 924–931.
5. Rast, H.: Vulkane und Vulkanismus; BSB Teubner, 1987.
6. Serocki, S.T.; McLerran, A.R.: The Ocean Drilling Program: A technical overview. Word Oil, Aug. 1, 1984.